

решения системы неравенств. Такой алгоритм позволит снизить расход постоянного магнита в вентильных двигателях привода реостатных контроллеров подвижного состава.

1.Любарский Б.Г., Зюзин Д. Ю., Глебова М. Л. Сравнительная характеристика высокомоментных электродвигателей для привода подач станков // Вестник НТУ «ХПИ». Т.4. Вып.9. – Харьков, 2002. – С.63-66.

2.Зюзин Д.Ю., Любарский Б.Г., Глебова М.Л. Конструктивная схема вентильного высокомоментного двигателя комбинированного возбуждения // Вестник НТУ «ХПИ». Вып.19. – Харьков, 2002. – С.85-88.

3.Омельяненко В.И., Любарский Б.Г., Зюзин Д.Ю., Глебова М.Л. Математическая модель вентильного высокомоментного двигателя комбинированного возбуждения // Вестник НТУ «ХПИ». Вып.11. – Харьков, 2003. – С.108-112.

4.Омельяненко В.И., Зюзин Д.Ю., Любарский Б.Г. Выбор параметров системы комбинированного возбуждения вентильного высокомоментного двигателя с инвертором синусоидального напряжения // Труды Института электродинамики НАН Украины. – 2005. – №1(10). – С.57-63.

5.Клименко Б.В., Зиновьев В.В. Методические указания к курсовому проекту по НИРС для студентов специальности 0605 "Электрические аппараты". – Харьков: Харьков. филиал Межвуз. полиграф. предприятия, 1987. – 27 с.

6.Зюзин Д.Ю., Омельяненко В.И., Любарский Б.Г. Критерии и параметры оценки комбинированного возбуждения для вентильного высокомоментного двигателя // Вестник НТУ «ХПИ». Вып.28. – Харьков, 2004. – С.65-69.

*Получено 23.12.2005*

УДК 621.314

Ю.П.КОЛОНТАЄВСЬКИЙ, В.П.АНДРЕЙЧЕНКО, кандидати техн. наук  
*Харківська національна академія міського господарства*

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ПРОГРАМОВАНОЇ ЛОГІКИ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ УСТАТКУВАННІ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ АПАРАТІВ**

Розглядається питання застосування мікроконтролерів для створення пристроїв керування технологічним устаткуванням для регулювання і контролю низьковольтних апаратів.

Технологічне устаткування для регулювання та контролю працездатності низьковольтних апаратів (НВА), як правило, має підмикаючий пристрій, джерело живлення напруги постійного або змінного струму, вимірювальний пристрій.

Підмикаючий пристрій забезпечує електричне приєднання апарату до регульовального або випробувального стенду і, наприклад, для автоматичних вимикачів, зведення та вмикання, комутацію електричних кіл (згідно з алгоритмом виконання технологічних операцій) та автоматичного регульовального інструменту.

Джерело живлення забезпечує видачу необхідних значень напруги або струму з їх зміною за необхідним законом. Для автоматичних вимикачів це, наприклад, є струм, що відповідає значенню уставки спрацьовування електромагнітного розчіплювача при регулюванні та струми неспрацьовування і спрацьовування при контролі (або ступінчасто зростаючий за значенням струм при контролі із забезпеченням визначення фактичного значення струму спрацьовування). При цьому для виключення перегріву струмопровідних частин апарату струм подається імпульсами з паузами для охолодження.

Вимірвальний пристрій повинен забезпечувати фіксацію значень відповідних електричних величин з урахуванням границь вимірювання та за необхідності їхню передачу до комп'ютера.

Зрозуміло, що продуктивність устаткування та точність виконання технологічних операцій значною мірою залежать від ступеню автоматизації. Зрозуміло, що сьогодні найкраще забезпечують це електронні пристрої керування, особливо цифрові.

Слід зазначити, що цифрові пристрої керування реалізуються як автомати з жорсткою логікою або програмовані.

Апаратні методи побудови цифрових пристроїв керування з жорсткою логікою близькі до методів побудови широко розповсюджених раніше аналогових систем керування: для виконання кожної функції використовується окремий елемент або група елементів і введення нової функції вимагає введення нових елементів. Системи керування, реалізовані такими методами, мають високу швидкодію та надійність, традиційні принципи їхньої побудови не викликають труднощів при розробці та експлуатації (з точки зору застосовуваного при регламентних та ремонтних роботах обладнання, приладів, з огляду на рівень кваліфікації персоналу). В той же час, вони складаються з великої кількості електронних компонентів (в основному інтегральних мікросхем – ІМС – середнього ступеню інтеграції), громіздкі, мають малу гнучкість при необхідності змін алгоритму керування (або частіше взагалі не дозволяють цього робити) та дорого коштують. Вони вимагають індивідуальної розробки, причому, кількість типів функціональних модулів, що створюють функціонально закінчену систему, яка слугує для побудови різних систем керування, виявляється значним. Отже використання пристроїв керування з жорсткою логікою вимагає у кожному окремому випадку розробки спеціального унікального пристрою.

Програмовані пристрої будуються на основі процесорів, як правило, у мікровиконанні – мікропроцесорів.

Слід зазначити, що побудова пристрою керування класу, що нами

розглядається, на основі мікропроцесорного набору (власне процесор, оперативний та постійний запам'ятовуючі пристрої, інтерфейс та ін.) за величиною апаратних затрат мало відрізняється від його реалізації на ІМС середнього ступеня інтеграції [1]. Вартість розробки та реалізації такого пристрою виявляється навіть більшою за вартість пристрою з жорсткою логікою на ІМС середнього ступеня інтеграції. Крім того, мікропроцесорні пристрої висувають зовсім інші вимоги до кваліфікації як розробників апаратури, так і до тих, що забезпечують експлуатацію. Але гнучкість програмованих пристроїв керування при необхідності змін алгоритму, що має величезне значення як на етапах розробки так і при експлуатації одиночно або малосерійно продукowanego технологічного устаткування, робить їхнє застосування вкрай перспективним.

Тут могли б придатися програмовані логічні контролери [2].

Зазначимо, що раніше контролерами називали багатопозиційні перемикачі для комутації електричних кіл (наприклад, як ті, що застосовуються для керування трамваєм).

Програмований логічний контролер – це програмований логічний пристрій керування з мовою програмування, доступною для неспеціалістів з інформатики (спочатку, наприклад, мали мову драбинчастих діаграм і призначалися для заміни релейних шаф керування послідовними логічними процесами в умовах промисловості у реальному масштабі часу).

Такі контролери, будучи побудованими на мікропроцесорах, мають спрощену систему команд, випускалися серійно і були достатньо дешеві, порівняно з вартістю розробки та виготовлення пристрою керування з жорсткою логікою. Але у якості пристроїв керування технологічного устаткування програмовані логічні контролери широкого розповсюдження не знайшли, бо були спочатку громіздкими, все ж таки досить дорогими і для багатьох можливих застосувань (наприклад, для керування електронними ключами джерел живлення технологічного устаткування) повільно діючими. Також важливим чинником у обмеженні їхнього розповсюдження була обмежена доступність для пересічного споживача як власне контролерів, так і інформації про користування ними.

Починаючи десь з середини 80-х років минулого століття на світовому ринку електронної продукції з'являються ІМС мікроконтролерів. Так, перші восьмирозрядні мікроконтролери були створені фірмою Intel (США) у 1982 р. Зараз такі мікроконтролери у світі продукують більш як тридцять фірм (деяку незручність створює несумісність мікроконтролерів різних фірм-виробників).

До речі, подібні ІМС з'явилися у кінці 80-х років минулого століття і в СРСР. Вони називалися однокристальними електронними обчислювальними машинами (серія КР1816). Знову ж таки, вони були дорогими, малодоступними, бракувало інформації про їхнє застосування.

На територію країн СНД мікроконтролери поставляються, в основному, фірм Atmel та Microchip Technology Inc. (США), виготовлені у Південно-Східній Азії [3-6]. Ці мікроконтролери мають особливу популярність також і у розробників електронної техніки малої та середньої складності всього світу. Номенклатура їхня надзвичайно велика. Так тільки фірма Atmel у кінці 90-х років минулого століття випустила 140 моделей протягом року (різної інформаційної потужності, у корпусах для різного типу монтажу та ін.).

Наведемо сучасне розуміння термінів у цій галузі.

Мікропроцесор є центральним обчислювальним ядром комп'ютерної системи.

Контролер – закінчений електронний пристрій, зазвичай виконаний на друкованій платі і призначений для прийому та обробки сигналів від датчиків, а також для керування зовнішніми пристроями на основі результатів обробки прийнятих сигналів.

Мікроконтролер – програмно керована ІМС, що застосовується для побудови контролерів. Мікроконтролер окрім ядра має оперативний та постійний запам'ятовуючі пристрої, таймери, лічильники, канали вводу та виводу інформації, інші пристрої – це самостійна комп'ютерна система, що вміщує процесор, допоміжні схеми та пристрої вводу-виводу даних, розміщені у спільному корпусі.

Мікрокомп'ютер має ще й відео- та звуковий процесори.

Традиційні великі комп'ютери, що будувались ще з сорокових років минулого сторіччя спочатку на лампах, а потім на ІМС середнього ступеня інтеграції, мали так звану прінстонську архітектуру (запропоновану в 1949 р. фон Нейманом, що працював у Прінстонському університеті), за якої як для програм, так і для даних використовувався єдиний простір пам'яті. Це, внаслідок зменшення апаратних затрат, підвищувало надійність машин але за рахунок зниження швидкодії.

Мікроконтролери, в яких за рахунок інтегральної технології виконання відпала проблема впливу кількості складових мікроелементів на надійність виробу, мають гарвардську архітектуру (запропоновану Гарвардським університетом, але відхилену із зрозумілих міркувань), за якої для даних і команд використано окремі області пам'яті та шини, що забезпечує високу швидкодію за рахунок можливості доступу за один цикл як до пам'яті, так і до даних при одночасному виконанні

побіжної команди і вибірки наступної.

Мікроконтролери мають низьке споживання (струм живлення складає кілька міліампер за рахунок побудови на К-МОН-структурах), мінімальні габарити (випускаються залежно від інформаційної потужності у 8-, 18-, 20-, 28-, 40-, 44- та 64-вивідних корпусах, але найчастіше застосовують контролери у перших чотирьох типах корпусів), потребують мінімум (буквально декілька) зовнішніх дискретних компонентів.

Пам'ять даних у них складає від 36 до 368 байт, а пам'ять програм від 0,5 до 128 кілобайтів.

Кількість ліній вводу-виводу, що можуть за вибором передавати інформацію у одному з напрямків, становить від 6 до 53.

Робоча частота 1-20 мегагерц.

Напруга живлення може знаходитись у межах 1,8-6 вольт (номінальне значення 5 вольт).

Вони можуть мати у своєму складі аналогові компаратори (наприклад, два), аналого-цифрові перетворювачі (наприклад, у деяких мікроконтролерів AVR фірми Atmel від 4 до 11), таймери (1-2), широтно-імпульсні модулятори (1-8), різні інтерфейси зв'язку із зовнішніми пристроями.

У мікроконтролерів PIC (Peripheral Interface Controller – периферійний контролер інтерфейсу) фірми Microchip є можливість захисту коду програми від несанкціонованих змін або копіювання (один або два біти захисту).

За технологією виконання пам'яті програм є три типи мікроконтролерів:

- масово-програмовані – мають найменшу вартість, але застосовуються лише при масовому виробництві, бо програмуються на заводі-виробнику ІМС у процесі виготовлення кристалу;

- з ультрафіолетовим стиранням – дозволяють перепрограмування, але процес цей досить тривалий і після ультрафіолетового опромінення можлива нечітка робота контролера, особливо за зниженої напруги живлення;

- з флеш-пам'яттю – дозволяють багаторазове електричне стирання (дозволяють здійснювати розробку і відпрацювання програм на готовому пристрої), але у декілька разів дорожчі від контролерів першого типу.

Та все ж вартість масово застосовуваних мікроконтролерів останнього типу сягає лише 4 доларів. Саме такі мікроконтролери є найприйнятнішими для застосування при розробці пристроїв керування технологічного устаткування, виходячи з їхніх особливостей:

- практично необмежена кількість циклів перепрограмування, що в умовах одиничного та малосерійного виробництва забезпечує виконання налагоджувальних і доводочних робіт, а також оперативну зміну алгоритму керування при експлуатації устаткування;

- достатньо високі робочі частоти;

- наявність простих, дешевих і доступних для самостійної реалізації моделей програматорів;

- мінімальні габарити, вартість, висока надійність;

- доступність і вкрай прийнятна вартість;

- наявність моделей з вбудованими аналоговими компараторами та аналого-цифровими перетворювачами (з розвитком інтегральної технології з'явилась можливість розміщення на одному кристалі як цифрових так і аналогових елементів);

- можливість захисту програм від несанкціонованих змін та копіювання;

- можливість отримання інформації від сучасних інтегральних датчиків та передачі інформації комп'ютеру у відповідних протоколах інтерфейсу;

- велика кількість доступної довідкової та іншої технічної інформації, програмного забезпечення (для складання програм, їхньої наладки, занесення у пам'ять мікроконтролера), інформації з типових застосовувань та досвіду використання як у друкованому вигляді, так і у Internet-джерелах.

На жаль, сучасні мікроконтролери втратили початкову особливість програмованих логічних контролерів – доступність мови програмування для неспеціалістів з інформатики. Хоч процесори мікроконтролерів відносять до RISC (Reduced Instruct Set Computers) процесорів, у яких набір виконуваних команд скорочено до мінімуму (залежно від типу мікроконтролера його асемблер має від 33 до 133 команд), їхнє програмування на асемблері особливо складне і доступне власне спеціалістам з мікроконтролерів. Деяко простіше програмування на алгоритмічній мові CI, але також вимагає впевненого знання комп'ютера та веде до збільшення об'єму програм до тридцяти відсотків.

Це висуває вимоги високої кваліфікації персоналу (вміння користування комп'ютером, програмування), використання при обслуговуванні й ремонті пристроїв керування на основі мікроконтролерів досить дорогого комп'ютерного устаткування.

Але сучасний рівень виробництва все більше висуває саме такі вимоги як до персоналу, так і до власне устаткування.

Крім того, зрештою, кінцеве зниження строків виробництва устаткування, зниження його вартості, збільшення надійності роботи, зруч-

ності експлуатації того варті.

1. Колонтаевский Ю.П. Применение микропроцессорных систем для управления тиристорными коммутационными устройствами // Сосков А.Г. Тиристорные коммутационные устройства. – К.: УМК ВО, 1988. – С.99-116.

2. Колонтаевський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум / За ред. А.Г.Соскова. – 2-е вид. – К.: Каравела, 2004. – 432 с.

3. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Т.1. – М.: Постмаркет, 2001. – 416 с.

4. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.: Изд. дом «Додека – XXI», 2004. – 288 с.

5. Яценков В.С. Микроконтроллеры Microchip: Практ. руководство. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 280 с.

6. Ульрих В.А. Микроконтроллеры PIC16X7XX. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 320 с.

*Отримано 30.09.2005*

УДК 628.93.001

А.В.ЛЮЛА, В.Ф.РОЙ, д-р физ.-матем. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **СНИЖЕНИЕ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

Рассматриваются проблемы и мероприятия по снижению нормативных и сверхнормативных потерь электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающих организаций.

Одним из важных компонентов в развитии экономики страны и народного хозяйства в целом, является топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Поэтому развитие и оптимизация функционирования ТЭК является первоочередной задачей.

Важнейшим экономическим показателем функционирования ТЭК является соотношение доли вырабатываемой энергии относительно затраченных на ее производство энергоносителей, а также отношение количества выработанной электроэнергии к потребленной. Эти показатели являются основными критериями оценки ее эффективности. В связи с этим одним из важных критериев является уровень потерь электроэнергии в сетях при ее передаче к потребителям. Потери электроэнергии в электрических сетях приводят к значительным финансовым убыткам энергоснабжающих организаций, поэтому этой проблеме уделяется большое внимание. Экономия электроэнергии за счет снижения потерь позволила бы направить часть средств на усовершенствование технических и организационных мероприятий, целью которых является повышение эффективности работы энергоснабжающей орга-